

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-295464

(P2002-295464A)

(43) 公開日 平成14年10月9日 (2002.10.9)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

F 1 6 C 19/52

識別記号

F I

F 1 6 C 19/52

ターマート\* (参考)

3 J 1 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2001-99989 (P2001-99989)

(22) 出願日 平成13年3月30日 (2001.3.30)

(71) 出願人 000004204

日本精工株式会社

東京都品川区大崎1丁目6番3号

(72) 発明者 高橋 利夫

神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号

日本精工株式会社内

(74) 代理人 100087457

弁理士 小山 武男 (外1名)

Fターム (参考) 3J101 AA16 AA25 AA32 AA42 AA54

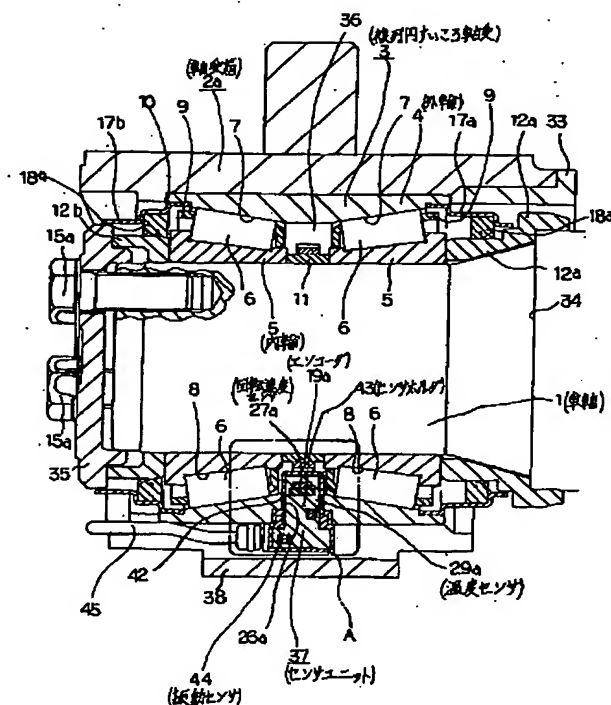
AA62 BA73 BA77 FA23 GA03

(54) 【発明の名称】 転がり軸受ユニットの異常検出装置

(57) 【要約】

【課題】 軸受箱2a内に車軸1を支持する為の複列円すいころ軸受3の異常検出の精度を向上させる。

【解決手段】 センサホルダ43内に、回転速度センサ27aと温度センサ29aと振動センサ44とを保持する。このうちの温度センサ29aと振動センサ44との検出信号に基づいて、上記複列円すいころ軸受3の異常の有無を判定する。上記回転速度センサ27aの検出信号に基づいて、異常判定の為の閾値を変更する。この構成により、低速時に発生した異常の検出を可能にして、上記課題を解決する。



**【特許請求の範囲】**

**【請求項 1】** 互いに相対回転する外輪と内輪とを有し、これら外輪と内輪とのうちの一方が回転輪であり他方が固定輪であって、これら外輪の内周面に形成された外輪軌道と内輪の外周面に形成された内輪軌道との間に転動自在に設けられた複数の転動体と、上記回転輪又はこの回転輪と共に回転する部分に支持されてこの回転輪と共に回転するエンコーダと、上記固定輪又はこの固定輪を支持した部分に保持されてその検出部をこのエンコーダの被検出部に対向させた回転速度センサと、この回転速度センサを保持したホルダ内に、この回転速度センサに加えて保持された、温度センサと振動センサとのうちから選択される少なくとも 1 個の異常検出用センサと、この異常検出用センサの検出信号に基づく転がり軸受ユニットの状態を表す状態信号と閾値とを比較する比較手段と、回転速度センサからの信号に基づいて、上記回転輪の回転速度に応じて上記閾値を設定する閾値設定手段とを備える転がり軸受ユニットの異常検出装置。

**【請求項 2】** 回転速度センサを保持する部分が、外輪と、軸受箱の開口端部に被着したカバーと、転動体を設置した部分と外部とを遮断する為のシール部材を支持する為に上記外輪に支持したシールケースとのうちから選択される何れかの部分である、請求項 1 に記載した転がり軸受ユニットの異常検出装置。

**【請求項 3】** 軸受箱の開口端部に被着したカバーに、信号伝達用のケーブルの端部にコネクタが設けられており、回転速度センサ及び異常検出用センサに付属のハーネスにこのコネクタと接続自在な別のコネクタが設けられている、請求項 2 に記載した転がり軸受ユニットの異常検出装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

**【発明の属する技術分野】** この発明に係る転がり軸受ユニットの異常検出装置は、鉄道車両の車輪の回転軸或は圧延機等の各種産業機械装置の回転軸を、車体或は支持台等の固定の部分に回転自在に支持する転がり軸受ユニットに剥離や焼き付き等の異常が発生した場合に、この異常を検出する為に利用する。

**【0002】**

**【従来の技術】** 例えば鉄道車両の車輪をこの鉄道車両に固定した軸受箱に対し回転自在に支持する為に、転がり軸受ユニットを使用する。又、鉄道車両の走行速度を求めたり、或は上記車輪が偏摩耗するのを防止する為の滑走制御を行なう為には、上記車輪の回転速度を検出する必要がある。更には、上記転がり軸受ユニット部分で異常が発生してこの転がり軸受ユニットが焼き付くのを防止する為には、この転がり軸受ユニットの温度を検出する必要がある。この為、上記転がり軸受ユニットに回転速度センサ及び温度センサを組み込んだ、センサ付回転支持装置により、上記車輪を上記軸受箱に対し回転自在

に支持すると共に、この車輪の回転速度並びに上記転がり軸受ユニットの温度を検出する事が、近年行なわれる様になっている。

**【0003】** 図 15～16 は、この様な鉄道車両用のセンサ付回転支持装置の従来構造の 1 例を示している。図示しない車輪を支持固定した状態で使用時に回転する回転軸であり、軽量化の為に中空円筒状に構成した車軸 1 は、使用時にも回転しない軸受箱 2 の内径側に、転がり軸受ユニットである複列円すいころ軸受 3 により、回転自在に支持されている。この複列円すいころ軸受 3 は、互いに同心に配置した外輪 4 及び 1 対の内輪 5 と、複数の円すいころ 6、6 とを備える。このうちの外輪 4 は、全体を円筒状に造っており、内周面に複列の外輪軌道 7 を有する。これら各外輪軌道 7 は、それぞれが円すい凹面状で、上記外輪 4 の軸方向端部に向かう程内径が大きくなる方向に傾斜している。

**【0004】** 又、上記 1 対の内輪 5 は、それぞれ略短円筒状に造っており、それぞれの外周面に、円すい凸面状の内輪軌道 8 を形成している。これら各内輪 5 は、互いの小径側の端面同士を対向させた状態で、上記外輪 4 の内径側に、この外輪 4 と同心に配置している。更に、上記各円すいころ 6、6 は、上記各外輪軌道 7 と上記各内輪軌道 8 との間に、それぞれ複数個ずつ、保持器 9 により保持した状態で転動自在に設けている。

**【0005】** 上述の様な複列円すいころ軸受 3 のうち、上記外輪 4 は、上記軸受箱 2 に内嵌保持されている。図示の例では、この軸受箱 2 の内周面の一端（図 15 の左端）寄り部分に形成した段部 10 と、この軸受箱 2 の他端部（図 15 の右端部）に内嵌固定した図示しない抑え環との間で、上記外輪 4 を軸方向両側から挟持している。一方、上記各内輪 5 は、これら両内輪 5 同士の間で間座 11 を挟持した状態で、上記車軸 1 の一端（図 15 の左端）寄り部分に外嵌している。又、上記車軸 1 の端部で軸方向外側の内輪 5 よりも突出した部分には、油切りと称される環状部材 12 を外嵌している。又、内側の内輪の内端面は、別の環状部材を介して、上記車軸 1 の中間部に形成した段差面に突き当てている。従って、上記 1 対の内輪 5 が図 15 の状態よりも上記車軸 1 の中央寄り（図 15 の右寄り）に変位する事はない。そして、上記車軸 1 の外端部に形成した雄ねじ部 13 に螺合したナット 14 により、上記環状部材 12 を上記外側の内輪 4 の外端面に向け抑え付けている。更に、上記ナット 14 の外端面にボルト 15、15 により固定した、回り止めリング 16 の内周に設けた突起部を上記車軸 1 の外端部外周面に設けた溝部に係合させて、上記ナット 14 の緩み止めを図っている。

**【0006】** 一方、上記外輪 4 の両端部には、それぞれ軟鋼板等の金属板を断面クランク形で全体を略円筒状に形成して成るシールケース 17 を内嵌固定している。そして、これら両シールケース 17 の内周面と上記各環状

部材 12 の外周面との間に、それぞれシールリング 18 を設ける事により、前記複数個の円すいころ 6、6 を設置した空間の両端開口部を塞いでいる。この構成により、この空間の内外を遮断して、この空間内に封入した潤滑用のグリースが外部に漏洩するのを防止すると共に、外部から上記空間内に雨水や塵芥等の異物が進入するのを防止している。

【0007】又、上記車軸 1 の一端面には、鋼材等の磁性金属材料により、断面 L 字形で全体を円輪状に形成したエンコーダ 19 を、複数本のボルト 20、20 により、上記車軸 1 と同心に結合固定している。上記エンコーダ 19 に設けた外向フランジ状の円輪部 21 の外周縁には、凹部と凸部とを、円周方向に関して交互に且つ等間隔で形成して、この外周縁部分の磁気特性を円周方向に関して交互に且つ等間隔で変化させている。

【0008】又、前記軸受箱 2 の一端開口は、この軸受箱 2 の一端部に固定したカバー 22 により塞いでいる。このカバー 22 は、合成樹脂若しくは金属材料により全体を有底円筒状に形成しており、円筒部 23 と、この円筒部 23 の一端（図 15 の左端）開口を塞ぐ底板部 24 と、この円筒部 23 の他端（図 15 の右端）寄り部分の外周面に設けた外向フランジ状の取付部 25 とを備える。この様なカバー 23 は、上記円筒部 23 の他端部を上記軸受箱 2 の一端部に内嵌すると共に、上記取付部 25 をこの軸受箱 2 の一端面に突き当てた状態で、この取付部 25 を上記軸受箱 2 の一端面に図示しないボルトにより固定する事により、上記軸受箱 2 の一端開口部を塞ぐ。

【0009】又、上記円筒部 23 の一部で、上記エンコーダ 19 の円輪部 21 の外周縁に直径方向に関して対向する部分に、上記円筒部 23 の内外両周面を直径方向に貫通するセンサ取付孔 26 を形成している。そして、このセンサ取付孔 26 に回転速度センサ 27 を挿入し、この回転速度センサ 27 の先端面（図 15 の下端面）に設けた検出部を、上記円輪部 21 の外周縁に設けた被検出部に、微小隙間を介して対向させている。一方、上記軸受箱 2 の中間部で前記外輪 4 の周囲に位置する部分には、センサ取り付け用凹孔 28 を形成している。そして、このセンサ取り付け用凹孔 28 に、温度センサ 29 を装着している。

【0010】上述の様に構成するセンサ付回転支持装置の場合、運転時に車輪を支持固定した車軸 1 と共にエンコーダ 19 が回転すると、このエンコーダ 19 の被検出部を構成する凹部と凸部とが、上記回転速度センサ 27 の先端面に設けた検出部の近傍を交互に通過する。この結果、このセンサ 27 内を流れる磁束の密度が変化し、このセンサ 27 の出力が変化する。この様にしてセンサ 27 の出力が変化する周波数は、上記車輪の回転速度に比例する。従って、上記センサ 27 の出力を図示しない制御器に送れば、上記車輪の回転速度を検出でき、更に

は鉄道車両の滑走制御を適切に行なえる。

【0011】又、前記複列円すいころ軸受 3 の回転抵抗が、前記各円すいころ 6、6 の過度のスキュー等、何らかの原因で異常に上昇し、上記複列円すいころ 3 の温度が上昇すると、上記温度センサ 29 が、この温度を検知する。この様にしてこの温度センサ 29 が検知した温度信号は、やはり図示しない制御器に送り、この制御器が、運転席に設置した警告灯を点灯させる等の警報を発する。この様な警報が出された場合に、運転手が緊急停止等の措置を講ずる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】上述の様に構成し作用する従来構造の場合、回転速度センサ 27 及び温度センサ 29 を、カバー 22 或は軸受箱 2 に対し互いに独立して支持固定している為、これら各センサ 27、29 の装着作業が面倒だけでなく、これら各センサ 27、29 からの信号取り出しも面倒になる。即ち、上記回転速度センサ 27 は取付フランジ 30a を挿通した複数本のボルト 31a、31a により上記カバー 22 に固定し、ハーネス 32a により信号を取り出す様にしているのに対して、上記温度センサ 29 は別の取付フランジ 30b を挿通した複数本のボルト 31b、31b により上記軸受箱 2 に固定し、ハーネス 32b により信号を取り出す様にしている。

【0013】この為、上記各センサ 27、29 の取り付けスペースが嵩む他、取り付け作業が面倒になり、上記各ハーネス 32a、32b の取り回しも面倒になる。鉄道車両用の回転支持装置には、上記回転速度センサ 27 及び温度センサ 29 の他、振動を検知する為の加速度センサを組み付ける事も考えられており、上記回転支持装置に組み込むセンサの数が増える傾向にある。そして、センサの数が増えれば、上述した様な問題が一層顕著になる。

【0014】又、上記従来構造の場合には、上記回転速度センサ 27 の信号と上記温度センサ 29 の信号とは、互いに独立して処理しており、互いに関連付けて処理する事を考慮してはいなかった。即ち、上記回転速度センサ 27 の検出信号は、車輪の回転速度を検出する為のみ利用し、複列円すいころ軸受 3 の異常の有無の判定は、上記温度センサ 29 の検出信号のみで行なっていた。この為、異常検出の信頼性を必ずしも十分に確保できない。この理由は、鉄道車両の回転支持部等に組み込んだ、複列円すいころ軸受ユニット 3 等の転がり軸受ユニットの場合、常に一定速度で回転している訳ではない為、この転がり軸受ユニットの摩擦損失による発熱が一定でない事による。言い換えれば、正常な転がり軸受ユニットでも、回転速度の変動によって温度が常に変化している為、温度変化のみで転がり軸受ユニットの異常の有無を判定する事は難しい。

【0015】即ち、上記温度センサ 29 の検出信号のみ

で、上記転がり軸受ユニットの異常の有無を判定する場合には、この異常の有無を判定する為の温度の閾値を、温度上昇する高速回転時を基準として規定しなければならない。この結果、低速運転時に発生する異常の検出を行えない可能性がある。この様な事情から、転がり軸受ユニットの異常検出の信頼性を高める為には、温度以外の要素も合わせて考慮しつつ判定する事が好ましいものと考えられる。尚、この様な問題は、鉄道車両の車輪用回転支持部に限らず、圧延機等の各種産業機械装置の回転軸等、他の機械装置の回転支持部でも生じる。本発明の転がり軸受ユニットの異常検出装置は、この様な事情に鑑みて発明したものである。

#### 【0016】

【課題を解決するための手段】本発明の転がり軸受ユニットの異常検出装置は、外輪と、内輪と、複数の転動体と、エンコーダと、回転速度センサと、少なくとも1個の異常検出用センサと、コンパレータ等の比較手段と、閾値設定手段とを備える。このうちの外輪と内輪とは、互いに相対回転するものであって、一方が回転輪であり他方が固定輪である。又、上記各転動体は、上記外輪の内周面に形成された外輪軌道と上記内輪の外周面に形成された内輪軌道との間に、転動自在に設けられている。又、上記エンコーダは、上記回転輪又はこの回転輪と共に回転する部分に支持されてこの回転輪と共に回転する。又、上記回転速度センサは、上記固定輪又はこの固定輪を支持した部分に保持されてその検出部をこのエンコーダの被検出部に対向させている。又、上記異常検出用センサは、上記回転速度センサを保持したホルダ内に、この回転速度センサに加えて保持されたもので、温度センサと振動センサとのうちから選択される一方又は双方のセンサである。又、上記比較手段は、上記異常検出用センサの検出信号に基づく転がり軸受ユニットの状態を表す状態信号と閾値とを比較する。そして、この状態信号が閾値を上回った場合に、上記転がり軸受ユニットが異常である旨（測定値が閾値を上回った事）を表す信号を出す。更に、上記閾値設定手段は、上記回転速度センサからの信号に基づいて、回転軸の回転速度により上記閾値を設定する。

#### 【0017】

【作用】上述の様に構成する本発明の転がり軸受ユニットの異常検出装置の場合には、単一のセンサホルダに少なくとも回転速度センサと異常検出用センサとを含む複数種類のセンサを保持している為、これら各センサの取り付けスペースを小さくできるだけでなく、取り付け作業が容易になり、これら各センサの信号を取り出す為のハーネスの取り回しも容易になる。又、上記異常検出用センサの検出信号に基づいて異常であるか否かを判定する為の閾値を、上記回転速度センサが検出する回転軸の回転速度に応じて変化させるので、上記閾値を高く設定し過ぎる事がなくなり、上記転がり軸受ユニットの異常

検出の信頼性向上を図れる。

#### 【0018】

【発明の実施の形態】図1～3は、請求項1～2に対応する、本発明の実施の形態の第1例を示している。図示しない車輪を支持固定した状態で使用時に回転する回転軸である車軸1は、使用時にも回転しない軸受箱2aの内径側に、転がり軸受ユニットである複列円すいころ軸受3により、回転自在に支持している。この複列円すいころ軸受3は、互いに同心に配置した外輪4及び1対の内輪5、5と、転動体である複数個の円すいころ6、6とを備える。このうちの外輪4は、全体を円筒状に造っており、内周面に複列の外輪軌道7、7を有する。これら各外輪軌道7、7は、それぞれが円すい凹面状で、上記外輪4の軸方向端部に向かう程内径が大きくなる方向に、互いに逆方向に傾斜している。

【0019】又、上記1対の内輪5、5は、それぞれ略短円筒状に造っており、それぞれの外周面に、円すい凸面状の内輪軌道8を形成している。これら各内輪5、5は、互いの小径側の端面同士を対向させると共にこれら両端面同士の間に短円筒状の間座11を挟持した状態で、上記外輪4の内径側に、この外輪4と同心に配置している。更に、上記各円すいころ6、6は、上記各外輪軌道7、7と上記各内輪軌道8、8との間に、それぞれ複数個ずつ、保持器9、9により保持した状態で転動自在に設けている。

【0020】上述の様な複列円すいころ軸受3のうち、上記外輪4は、上記軸受箱2aに内嵌保持されている。本例の場合には、この軸受箱2aの内周面の一端（図1の左端）寄り部分に形成した段部10と、この軸受箱2aの他端部（図1の右端部）に内嵌固定した抑え環33との間で、上記外輪4を軸方向両側から挟持している。一方、上記各内輪5、5及びこれら両内輪5、5同士の間に挟持した上記間座11は、上記車軸1の一端（図1の左端）寄り部分に外嵌固定している。

【0021】上記各内輪5、5及び間座11を上記車軸1の端部に固定する為、上記車軸1の端部には、軸方向に離隔させて、それぞれが油切りと称される環状部材12a、12bを外嵌している。このうち、上記車軸1の軸方向内寄り部分に外嵌した環状部材12aは、この車軸1の端部軸方向内寄り部分に形成した段部34と係合させて、この車軸1の軸方向内側への変位を阻止されている。これに対してこの車軸1の軸方向外寄りに外嵌した環状部材12bは、この車軸1の端面にボルト15a、15aにより固定されたエンドキャップ35により抑え付けて、上記車軸1から抜け出る方向への変位を阻止されている。上記各内輪5、5及び間座11は、この様に上記車軸1の端部に固定した1対の環状部材12a、12bにより軸方向両側から挟持して、上記車軸1の端部に固定している。

【0022】一方、上記外輪4の両端部には、それぞれ

軟鋼板等の金属板を断面クランク形で全体を略円筒状に形成して成るシールケース17a、17bを、締め込みにより内嵌固定している。そして、これら両シールケース17a、17bの内周面と上記各環状部材12a、12bの外周面との間に、それぞれシールリング18a、18bを設ける事により、前記複数個の円すいころ6、6を設置した内部空間36の両端開口部を塞いでいる。この構成により、この内部空間36内に封入した潤滑用のグリースが外部に漏洩するのを防止すると共に、外部からこの内部空間36内に雨水や塵芥等の異物が進入するのを防止している。

【0023】又、上記間座11の中間部外周面には、鋼材等の磁性金属材料により一体形成したエンコーダ19aを、締め込みにより外嵌固定している。このエンコーダ19aは全体を外歯歯車状に形成したもので、その外周縁には凹部と凸部とを、円周方向に関して交互に且つ等間隔で形成している。従って、この外周縁部分の磁気特性は、円周方向に関して交互に且つ等間隔で変化しており、この外周縁部分が、車輪の回転速度検出の為に被検出部として機能する。尚、上記エンコーダ19aは、鋼材等の磁性金属により造られた外歯歯車状のものに限らず、鋼板等の磁性金属板を円筒状に成形したものに、軸方向に長いスリット状で少なくとも外周面に開口する孔を、円周方向に関して等間隔に多数形成したものであっても良い。更には、円筒状に形成した磁性金属板製の芯材の外周面にゴム磁石を、全周に互って添着したものであっても良い。この場合にこのゴム磁石は、径方向に着磁すると共に着磁方向を円周方向に互って交互に且つ等間隔で変える事により、外周面にS極とN極とを交互に且つ等間隔で配置する。

【0024】又、前記軸受箱2aの下部には、後述するセンサユニット37を設置する為の収納部38を、下方に突出する状態で形成している。前記外輪4の下端部外周面は、この収納部38内に露出している。そして、この外輪4の下端部に形成したセンサ取付孔26aの外端開口を、上記収納部38内に位置させている。このセンサ取付孔26aは、上記外輪4の軸方向中間部で1対の外輪軌道7、7同士の間部分に、この外輪4の内外両周面同士を連通させる状態で形成している。上記センサ取付孔26aは、外径寄りの大径部39と内径寄りの小径部40とを段部41により連続させた段付形状を有する。

【0025】そして、この様なセンサ取付孔26a内に、隔壁状ケース42を内嵌支持している。この隔壁状ケース42は、アルミニウム又はその合金、銅又はその合金、ステンレス鋼板等の、伝熱性の良好な非磁性材により薄肉に造ったもので、基半部（図1～2の下半部）を上記センサ取付孔26a内に密に内嵌自在な段付円筒状とし、先端部（図1～2の上半部）を、先端開口を塞がれた有底円筒状としている。この様な隔壁状ケース4

2の基半部を上記センサ取付孔26aに密に内嵌した状態で、この隔壁状ケース42の先端部（図1～2の上端面）は、上記エンコーダ19aの外周面に近接対向する。尚、上記隔壁状ケース42は、非磁性で伝熱性の良好な金属製とする事が好ましい。但し、多少伝熱性は劣るが、合成樹脂、ゴム等の非磁性材のうちから選択される、十分な耐熱性を有する材料により構成しても良い。

【0026】この様に上記センサ取付孔26a内に保持した上記隔壁状ケース42内に前記センサユニット37を、この隔壁状ケース42の基端開口部から、上記外輪4の径方向外方から内方に挿入している。上記センサユニット37は、単一のセンサホルダ43内に、回転速度センサ27aと、温度センサ29aと、振動を検出する為の振動センサ（加速度センサ）44とを保持して成る。このうちの回転速度センサ27aは、従来と同様に、磁気抵抗素子、ホール素子、永久磁石と磁気コイルとの組み合わせ等、磁束の密度或は方向の変化に対応して出力を変化させるものを使用する。この様な回転速度センサ27aは、上記センサホルダ43の先端部に包埋し、その検出面を上記隔壁状ケース42の底部を介して、上記エンコーダ19aの外周面に近接対向させている。これに対して上記温度センサ29aは、上記センサホルダ43の中間部外周面寄り部分に支持し、上記隔壁状ケース42の中間壁を介して、上記センサ取付孔26aの内周面に対向させている。即ち、上記温度センサ29aを支持する位置は、極力上記外輪4に近く、この外輪4の熱の影響を受け易い部分としている。更に、上記振動センサ44は、上記センサホルダ43の一部で、上記回転速度センサ27a及び上記温度センサ29aと干渉しない部分に包埋支持している。要は、上記振動センサ44は、上記外輪4から上記センサホルダ43に伝わる振動を検出できる位置に保持すれば良い。

【0027】尚、上記温度センサ29aの温度検出性能を向上させる為には、上記センサホルダ43の熱伝導率が良い事、及び、このセンサホルダ43の温度が短時間で周囲温度に達する様に、このセンサホルダ43の熱容量が小さい事が必要である。従って、このセンサホルダ43の材質としては、熱伝導率が大きく、単位体積当たりの熱容量（＝密度×比熱）が小さいものが適している。具体的には、上記センサホルダ43の材質として、強度及びコスト上の問題がなければ、上記各特性を有する、アルミニウム、マグネシウム、銅、亜鉛等や、これらの合金を使用する事が望ましい。但し、やや温度検出性能を劣化させるが、ステンレス鋼や合成樹脂、ゴム等のうちから選択される、十分な耐熱性を有する材料製とする事も可能である。但し、この場合には、上記振動センサ44をセンサホルダ43の外周面に近い部分に設置する等により、上記外輪4とこの振動センサ44との間に、合成樹脂やゴム等の剛性が低い材料を介在させない様にして、上記外輪4の振動が上記振動セン

サ 4 4 に伝わり易くする。

【0028】又、上記センサホルダ 4 3 のうちで、上記エンコーダ 1 9 a に対向して前記回転速度センサ 2 7 a が設置されている部分、即ち、これらエンコーダ 1 9 a と回転速度センサ 2 7 a との間部分並びにその近傍部分は、磁束の変化に影響を与えない様にすべく、非磁性材質とする事が必要である。これに対して、上記間部分及び近傍部分以外の部分に就いては、磁性材質とする事も可能である。又、上記外輪 4 から上記温度センサ 2 9 a にまで熱が伝わり易くする為に、上記隔壁状ケース 4 2 に就いても、前述の様に、熱伝導性の良好な金属の薄板により造っている。但し、上記隔壁状ケース 4 2 の少なくとも一部に就いては、上述の様に上記回転速度センサ 2 7 a による回転速度検出機能を確保する為、非磁性材質とする事が必要である。

【0029】上述の様なセンサユニット 3 7 は、上記隔壁状ケース 4 2 内に挿入した状態で、その基端部に設けた取付フランジ 3 0 c を上記外輪 4 の外周面にボルト 3 1 c、3 1 c で結合する等により、この外輪 4 に対し固定する。この状態で、上記センサユニット 3 7 の先端面に存在する上記回転速度センサ 2 7 a の検出部が、上記隔壁状ケース 4 2 の底部及び微小隙間を介して、上記エンコーダ 1 9 a の外周面に近接対向する。又、上記温度センサ 2 9 a は、上記外輪 4 に形成したセンサ取付孔 2 6 a の内周面に、上記隔壁状ケース 4 2 の中間壁部を介して対向する。上記回転速度センサ 2 7 a の出力信号を取り出す為のハーネスと上記温度センサ 2 9 a の出力を取り出す為のハーネスと前記振動センサ 4 4 の出力を取り出す為のハーネスとは、一緒に束ねて 1 本のケーブル 4 5 とし、図示しない制御器に接続する。上記各センサ 2 7 a、2 9 a、4 4 からの信号を受けた制御器が、滑走制御や警報を発する等の制御を行なう。

【0030】上述の様に本発明のセンサ付回転支持装置の場合には、単一のセンサホルダ 4 3 に上記回転速度センサ 2 7 a と上記温度センサ 2 9 a と上記振動センサ 4 4 を保持している為、これら各センサ 2 7 a、2 9 a、4 4 の取り付けスペースを小さくできる。しかも、これら各センサ 2 7 a、2 9 a、4 4 の取り付け作業が容易になる。又、これら各センサ 2 7 a、2 9 a、4 4 の出力信号を取り出す為のハーネスを一緒に束ねて 1 本のケーブル 4 5 としている為、上記各センサ 2 7 a、2 9 a、4 4 の信号を取り出す為のハーネスの取り回しも容易になる。

【0031】本発明の転がり軸受ユニットの異常検出装置を構成する為の、センサ付転がり軸受ユニットの構造は上述の通りであるが、本発明の転がり軸受ユニットの異常検出装置は、この様なセンサ付転がり軸受ユニットとコンパレータ（比較手段）及び閾値設定回路（閾値設定手段）とを組み合わせる事により、運転速度が低速から高速まで頻繁に変化する、前記複列円すいころ軸受 3

の異常検出を、高い信頼性で行なえる。次に、この異常検出の有無を判定する為の判定回路の 5 例に就いて説明する。

【0032】先ず、図 4 に示した第 1 例は、回転速度センサ 2 7 a の検出信号により得られる複列円すいころ軸受 3 に支持された車軸 1 の回転速度と、温度センサ 2 9 a の検出信号により得られる上記複列円すいころ軸受 3 の温度とから、この複列円すいころ軸受 3 の異常の有無を判定するものである。この第 1 例では、上記回転速度センサ 2 7 a の検出信号を処理する回転速度検出回路 4 6 で得られた、上記車軸 1 の回転速度に関する値を表す速度信号によって、閾値設定回路 4 7 により異常検出用の閾値を決定する。そして、この閾値と、上記温度センサ 2 9 a から送られてくる温度信号とをコンパレータ 4 8 により比較し、この比較の結果を表す信号を軸受異常判定回路 4 9 により判定して、上記複列円すいころ軸受 3 の異常の有無を判定する。そして、異常がある場合には、ブザー、警告灯等の警報器 5 0 に信号を送って、この警報器 5 0 を作動させ、運転者や作業等に異常発生を知らせる警報を発する。この様な本例の処理装置では、上記回転速度センサ 2 7 a の検出信号により求められる、上記複列円すいころ軸受 3 の回転速度の変化に従って、異常検出用の温度の閾値を順次変更する事により、高速回転時だけでなく、低速回転時に発生する転がり軸受ユニットの異常を検出する事が可能となる。尚、上述の図 4 に示した様な判定回路に於いて、上記回転速度検出回路 4 6、閾値設定回路 4 7、コンパレータ 4 8、軸受異常判定回路 4 9 等は、A/D コンバータやマイクログロッセッサ、DSP（デジタルシグナルプロセッサ）等を使用した回路により、ソフトウェア処理する事も可能である。

【0033】次に、図 5 に示した第 2 例は、回転速度センサ 2 7 a の検出信号により得られる、複列円すいころ軸受 3 に支持された車軸 1 の回転速度と、振動センサ 4 4 の検出信号により得られるこの複列円すいころ軸受 3 の振動とから、この複列円すいころ軸受 3 の異常の有無を判定するものである。本例の場合には、上記振動に関する異常検出用の閾値を、上記回転速度センサ 2 7 a の検出信号に基づいて得られる速度信号に応じて設定し、この閾値と上記振動センサ 4 4 からの信号をコンパレータ 4 8 a で比較して、上記複列円すいころ軸受 3 の異常の有無を判定する様に構成している。この様な本例の処理装置の場合には、上記複列円すいころ軸受 3 の回転速度の変化に伴って、上記振動に関する異常検出の閾値を順次変更する事により、低速回転時に於ける上記複列円すいころ軸受 3 の異常振動を検出する事が可能となり、この複列円すいころ軸受 3 内部の転がり接触面に生じた僅かな剥離も早期に検出する事ができる。

【0034】即ち、一般に複列円すいころ軸受 3 を含む転がり軸受ユニットの運転時に発生する振動の大きさ



は、回転速度が速い程大きくなる。この為、振動センサ 44 の検出信号のみで上記複列円すいころ軸受 3 等の転がり軸受ユニットの異常の有無を判定しようとした場合には、予想される最高回転数時に発生する振動値に合わせて、異常検出用の閾値を設定する必要がある。この為、低速回転時に於ける上記複列円すいころ軸受 3 等の転がり軸受ユニットの異常の検知が難しかった。これに対して本例の処理装置を使用すれば、その時の回転速度に合わせて異常検出用の閾値を順次変更する事ができるので、振動の大きさに基づいて、剥離等の異常検出を高い信頼性で行なえる。尚、上述の図 5 に示した様な判定回路に於いても、上記回転速度検出回路 46、閾値設定回路 47、コンパレータ 48a、軸受異常判定回路 49 等は、A/D コンバータやマイクロプロセッサ、DSP（デジタルシグナルプロセッサ）等を使用した回路により、ソフトウェア処理する事も可能である。

【0035】次に、図 6 に示した第 3 例も、回転速度センサ 27a の検出信号により得られる、複列円すいころ軸受 3 に支持された車軸 1 の回転速度と、振動センサ 44 の検出信号により得られるこの複列円すいころ軸受 3 の振動とから、この複列円すいころ軸受 3 の異常の有無を判定するものである。特に、本例の場合には、振動センサ 44 から送り出される、上記複列円すいころ軸受 3 の振動を表す信号を、可変フィルタ 51 に通す。この可変フィルタ 51 は、上記回転速度センサ 27a の検出信号から求められる、上記複列円すいころ軸受 3 の回転速度を表す信号に基づいて、除去又は減衰させる周波数を変化させる。そして、この可変フィルタ 51 によって、上記複列円すいころ軸受 3 の回転数成分を除去又は減衰させた後の振動値と、上述した第 2 例と同様にして得た異常検出用の閾値とを、コンパレータ 48a により比較して、上記複列円すいころ軸受 3 の異常の有無を判定する様にしている。

【0036】複列円すいころ軸受 3 等の転がり軸受ユニットの回転時に発生する振動は一般的に、回転数に同期した回転数成分の振動の値が最も大きい。上記複列円すいころ軸受 3 等の転がり軸受ユニットの内部に剥離等の損傷が発生した場合は、上記回転数に同期しない周波数成分の振動値が大きくなる。そこで本例の場合は、上記回転速度センサ 27a の信号を元にして除去又は減衰させる周波数を変化させる、上記可変フィルタ 51 を通す事により、回転数成分に対応する周波数の振動値を除去又は減衰させる。従って、上記可変フィルタ 51 を通過後の信号が表す振動には、通常時でも現れる周波数成分がないか、あっても僅かであり、その分だけ、異常に伴って発生する振動の成分が顕在化するので、複列円すいころ軸受 3 等の転がり軸受ユニットの異常の有無に関する検出精度を高める事ができる。この為、この複列円すいころ軸受 3 内部の転がり接触部分で剥離が発生し始めた初期段階で、この複列円すいころ軸受 3 の異常を検

出する事ができ、この複列円すいころ軸受 3 に焼き付き等の重大な損傷が発生する事を未然に防止する事ができる。尚、上述の図 6 に示した様な判定回路に於いても、上記回転速度検出回路 46、閾値設定回路 47、コンパレータ 48a、軸受異常判定回路 49 等は、A/D コンバータやマイクロプロセッサ、DSP（デジタルシグナルプロセッサ）等を使用した回路により、ソフトウェア処理する事も可能である。

【0037】次に、図 7 に示した第 4 例も、回転速度センサ 27a の検出信号により得られる、複列円すいころ軸受 3 に支持された車軸 1 の回転速度と、振動センサ 44 の検出信号により得られるこの複列円すいころ軸受 3 の振動とから、この複列円すいころ軸受 3 の異常の有無を判定するものである。特に、本例の場合には、上記振動センサ 44 が検出した振動の波形を、周期分析回路 52 で分析してから、上記複列円すいころ軸受 3 の異常の有無を判定する様にしている。この為に本例の場合には軸受異常判定回路 49a で、上記回転速度センサ 27a の検出信号から求められる、上記複列円すいころ軸受 3 の回転速度を表す回転速度信号に基づいて、この複列円すいころ軸受 3 から発生する各種振動の周期  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$  の計算と、この複列円すいころ軸受 3 の異常の有無の判定とを行なっている。尚、これら各周期  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$  とは、上記複列円すいころ軸受 3 が内輪回転の場合で、 $T_1$  は外輪 4 の内周面に形成した外輪軌道 7 に剥離が生じた場合の振動周期を、 $T_2$  は、内輪 5 の外周面に形成した内輪軌道 8 に剥離が発生した場合の振動周期を、 $T_3$  は、転動体である円すいころ 6 の転動面に剥離が発生した場合の振動周期を、それぞれ表している。上記回転速度信号を利用して、上記振動センサ 44 からの信号の周期を分析する事により、上記複列円すいころ軸受 3 に剥離に基づく損傷が発生しているか否かの判定を行なえるだけでなく、この複列円すいころ軸受 3 の何れの部分に剥離が発生しているかを特定する事もできる。

【0038】例えば、上記複列円すいころ軸受 3 が内輪回転で使用される場合は、静止側である外輪 4 の内周面に形成した外輪軌道 7 に剥離が生じた場合、下記の式で表される周波数の振動が発生する。

$$f_1 = z \cdot f_c$$

但し、 $z$ ：転動体数、 $f_c$ ：保持器回転周波数

そして、この振動の周期  $T_1$  は、次式で表される。

$$T_1 = 1 / f_1 = 1 / (z \cdot f_c)$$

これに対して、回転側である内輪 5 の外周面に形成した内輪軌道 8 に剥離が発生した場合には、下記の式で表される周波数の振動が発生する。

$$f_2 = z \cdot (f_r - f_c)$$

但し、 $z$ ：転動体数、 $f_r$ ：内輪回転周波数、 $f_c$ ：保持器回転周波数そして、この振動の周期  $T_2$  は、次式で表される。

$$T_2 = 1/f_2 = 1/[z \cdot (f_r - f_c)]$$

更に、転動体である円すいころ6の転動面に剥離が発生した場合には、次の式で表される周波数の振動が発生する。

$$f_3 = 2 \cdot f_b$$

但し、 $f_b$ ：転動体の自転周波数

そして、この振動の周期 $T_3$ は、次式で表される。

$$T_3 = 1/f_3 = 1/(2 \cdot f_b)$$

これらの場合に、 $f_c$ 、 $f_r$ 、 $f_b$ 等の周波数は、複列円すいころ軸受3等の転がり軸受ユニットの諸元及びその回転数が分かれば計算できるので、振動波形の周期を分析する事により、上記複列円すいころ軸受3の何れの部位に剥離が発生したかを特定できる。

【0039】例えば、上記各周期 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ 以外の周期を有する振動成分が増加している場合は、複列円すいころ軸受3の転がり接触面以外の部位に異常が発生している事になる。従って、本例の様に、周期分析回路52により振動センサ44の検出信号の周期分析を行なう場合には、上記複列円すいころ軸受3及びその周辺部分を含めた、回転支持部及びその周辺部分を含む部分の異常を検知する事ができる。この場合に、例えば、回転数の1次成分に相当する周期が特に大きくなっている場合には、車輪の1個所に滑走による偏摩耗が発生している事が推定される。尚、上述の図7に示した様な判定回路に於いても、上記回転速度検出回路46、周期分析回路52、軸受異常判定回路49a等は、A/Dコンバータやマイクロプロセッサ、DSP（デジタルシグナルプロセッサ）等を使用した回路により、ソフトウェア処理する事も可能である。

【0040】次に、図8に示した第5例も、回転速度センサ27aの検出信号により得られる複列円すいころ軸受3に支持された車軸1の回転速度と、振動センサ44の検出信号により得られるこの複列円すいころ軸受3の振動とから、この複列円すいころ軸受3の異常の有無を判定するものである。特に、本例の場合には、振動信号を包絡線処理を施す為の包絡線処理回路53に通し、その処理波形を使用して周波数分析をしている。上記振動センサ44が検出した振動の波形そのもの（生波形）を周波数分析すると上記複列円すいころ軸受3の異常を分析できないが、この振動の生波形を包絡線処理し、その処理波形を使用して周波数分析回路63により周波数分析を行なうと、上記複列円すいころ軸受3等の転がり軸受ユニットの異常を分析する事が可能となり、転がり接触部分の剥離に基づいて発生する振動の周波数 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ を検知する事ができる。尚、上述の図8に示した様な判定回路に於いても、上記回転速度検出回路46、包絡線処理回路53、周波数分析回路63、軸受異常判定回路49等は、A/Dコンバータやマイクロプロセッサ、DSP（デジタルシグナルプロセッサ）等を使用した回路により、ソフトウェア処理する事も可能であ

る。

【0041】何れにしても、図4～8にその5例を示した処理回路で、複列円すいころ軸受3等の転がり軸受ユニット部分の異常検出用の閾値の設定を回転速度の変化に伴って順次変更したり分析する事で、従来は難しかった、刻々と変化する複列円すいころ軸受3等の転がり軸受のユニットの状態に応じた最適な閾値の設定が可能になる。そして、この複列円すいころ軸受3等の転がり軸受ユニットの異常の有無の判定精度を飛躍的に向上させる事ができる。

【0042】尚、回転速度センサ以外に、振動センサ及び温度センサを両方組み合わせた構成に於いては、温度及び振動の両方の信号から複列円すいころ軸受3の異常を検知できる事になり、グリースの劣化による潤滑不良や異物噛み込み等による転がり接触面の剥離等の異常を、幅広く検知する事が可能となる。以上に述べた様な複列円すいころ軸受3の異常検出装置によれば、上記複列円すいころ軸受3等の転がり軸受ユニットの異常を早期に検知する事を可能にして、この複列円すいころ軸受3等の転がり軸受ユニットに焼き付き等の重大な損傷が発生する事を有効に防止する事が可能になる。

【0043】更に、本例の場合には、前記外輪4の内径側に存在して前記各円すいころ6、6を設置した内部空間36に向け径方向内方に突出する前記隔壁状ケース42により、この内部空間36と、上記外輪4の周囲に存在する外部空間54とを遮断している。従って、前記センサ取付孔26aから前記センサユニット37を抜き出した状態でも、上記両空間36、54同士が連通する事がない。この為、このうちの内部空間36内に異物が侵入したり、この内部空間36内のグリースが漏洩する事を確実に防止できる。

【0044】次に、図9～11は、やはり請求項1～2に対応する、本発明の実施の形態の第2例を示している。本例の場合には、車軸1の端面にボルト15a、15aにより固定したエンドキャップ35aに、回転速度検出の為のエンコーダとしての機能を持たせている。この為に本例の場合には、上記エンドキャップ35aを、炭素鋼等の磁性金属材料により造ると共に、このエンドキャップ35aの外周縁部に、歯車状の凹凸を形成している。又、軸受箱2bの外端開口部を塞いだ有底円筒状のカバー22aの円筒部23aの一部で上記エンドキャップ35aの外周縁部に対向する部分に、センサ取付孔26bを形成している。そして、このセンサ取付孔26b内に、センサユニット37aを組み付けている。上記カバー22aは、鋼、アルミニウム合金等の、伝熱性が良好で剛性が高い（振動を伝達し易い）金属により造って、複列円すいころ軸受3部分の温度及び振動が、上記センサユニット37aにまで伝わり易くしている。尚、本例の場合には、このセンサ取付孔26bと、複列円すいころ軸受3の内部空間36との間にシールリング18



aが存在する為、上記センサ取付孔26b部分には、前述の第1例に使用した様な隔壁状ケース42（図3）を設ける必要はない。

【0045】本例の場合には、上記センサ取付孔26b内に、上記センサユニット37aを組み付けている。このセンサユニット37aの構成は、上記カバー22aに対する取り付け用のフランジの形状が異なる以外、上記第1例に使用したセンサユニット37（図1～3）と同様である。又、上記センサユニット37aに組み込んだ回転速度センサ27a、温度センサ29a、振動センサ44の出力を、前述の図4～8の何れかに記載した様な判定回路により判定して、上記複列円すいころ軸受3の異常検出の有無を判定する点も、前述した第1例の場合と同様である。

【0046】次に、図12～14は、請求項1～3に対応する、本発明の実施の形態の第3例を示している。本例の場合には、複列円すいころ軸受3の内部空間36と外部とを遮断する為のシールリング18cを支持する為のシールケース17cに、センサユニット37bを支持固定している。即ち、本例の場合には、このシールケース17cの外端部に設けた円輪部55を上記シールリング18cよりも外方（図12～13の左方）に突出させると共に、上記円輪部55の一部に上記センサユニット37bの取付フランジ60を、ボルト61、61とナット62との螺合により結合固定している。尚、上記ナット62は、上記シールケース17cの内側に溶接された鋼板に、上記センサ37bを固定する為のタップを形成したものである。この様なナット62は、上記ボルト61、61を螺合する為のねじ孔の必要長さを確保すると共に、上記センサ37bの固定部分の補強の役目を持っている。又、車軸1の外端部に外嵌して、内輪5とエンドキャップ35bとの間に挟持された円筒状の間座56に、エンコーダ19bを外嵌固定している。

【0047】上記センサユニット37bは、回転速度センサ27bを検出対象であるエンコーダ19bに近接対向する様に配置し、温度センサ29bを、上記シールケース17cの円輪部55に当接若しくは近接する状態で基端部（図12～13の右端部）に、振動センサ44を先端部（図12～13の左端部）に、それぞれセンサホルダ43に包埋する状態で保持している。そして、上記回転速度センサ27bの検出面を、上記エンコーダ19bの外周縁に近接対向させている。

【0048】更に、本例の場合には、軸受箱2bの開口端部に被着したカバー22bに、信号伝達用のケーブル45aの端部を接続自在なコネクタ57を設けている。そして、上記回転速度センサ27b、温度センサ29b、及び、振動センサ44に付属のハーネス58a、58b、58cを上記コネクタ57に、着脱自在に接続している。即ち、上記カバー22bに固定したこのコネクタ57に、上記ケーブル45a及び上記各ハーネス58

a、58b、58cの端部に設けたプラグ59a、59bを、互いに独立して着脱自在としている。この様な構成により、上記各ハーネス58a、58b、58cと上記ケーブル45aとの接続作業の容易化を図っている。この様な本例の場合も、上記センサユニット37bに組み込んだ回転速度センサ27a、温度センサ29a、振動センサ44の出力を、前述の図4～8の何れかに記載した様な判定回路により判定して、上記複列円すいころ軸受3の異常検出の有無を判定する。

#### 【0049】

【発明の効果】本発明の転がり軸受ユニットの異常検出装置は、以上に述べた通り構成され作用するので、鉄道車両や各種産業機械等の回転支持部の異常検出の信頼性を向上させて、これら回転支持部を有する各種機械装置の運転時の安全性向上に寄与できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態の第1例を示す断面図。

【図2】図1の左方から見た図。

【図3】図1のA部拡大図。

【図4】転がり軸受ユニットの異常検出を行なうの為の回路の第1例を示すブロック図。

【図5】同第2例を示すブロック図。

【図6】同第3例を示すブロック図。

【図7】同第4例を示すブロック図。

【図8】同第5例を示すブロック図。

【図9】本発明の実施の形態の第2例を示す断面図。

【図10】図9の左方から見た半部端面図。

【図11】図9のB部拡大図。

【図12】本発明の実施の形態の第3例を示す半部端面図。

【図13】図12のC部拡大図。

【図14】図13のD矢視図。

【図15】従来構造の1例を示す断面図。

【図16】図15の左方から見た半部端面図。

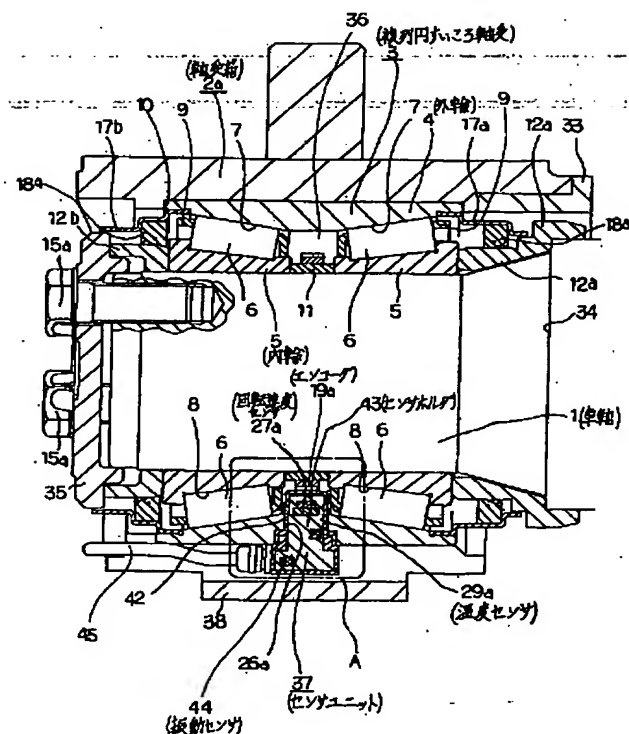
#### 【符号の説明】

- 1 車軸
- 2、2a、2b 軸受箱
- 3 複列円すいころ軸受
- 4 外輪
- 5 内輪
- 6 円すいころ
- 7 外輪軌道
- 8 内輪軌道
- 9 保持器
- 10 段部
- 11 間座
- 12、12a、12b 環状部材
- 13 雄ねじ部
- 14 ナット
- 15、15a ボルト

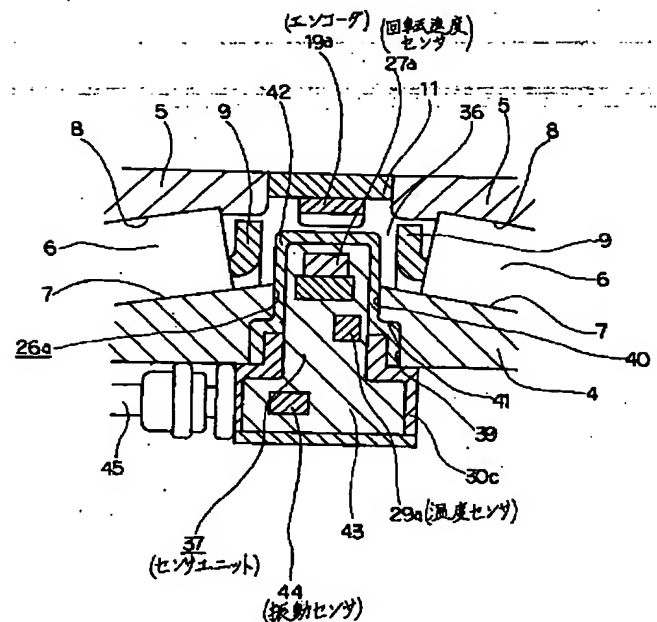
- 16 回り止めリング
- 17、17a、17b、17c シールケース
- 18、18a、18b、18c シールリング
- 19、19a、19b エンコーダ
- 20 ボルト
- 21 円輪部
- 22、22a、22b カバー
- 23、23a 円筒部
- 24 底板部
- 25 取付部
- 26、26a、26b センサ取付孔
- 27、27a、27b 回転速度センサ
- 28 センサ取り付け用凹孔
- 29、29a、29b 温度センサ
- 30a、30b、30c 取付フランジ
- 31a、31b、31c ボルト
- 32a、32b ハーネス
- 33 抑え環
- 34 段部
- 35、35a、35b エンドキャップ
- 36 内部空間
- 37、37a、37b センサユニット
- 38 収納部
- 39 大径部

- 40 小径部
- 41 段部
- 42 隔壁状ケース
- 43、43a センサホルダ
- 44 振動センサ
- 45、45a ケーブル
- 46 回転速度検出回路
- 47 閾値設定回路
- 48、48a コンパレータ
- 49、49a 軸受異常判定回路
- 50 警報器
- 51 可変フィルタ
- 52 周期分析回路
- 53 包絡線処理回路
- 54 外部空間
- 55 円輪部
- 56 間座
- 57 コネクタ
- 58a、58b、58c ハーネス
- 59a、59b プラグ
- 60 取付フランジ
- 61 ボルト
- 62 ナット
- 63 周波数分析回路

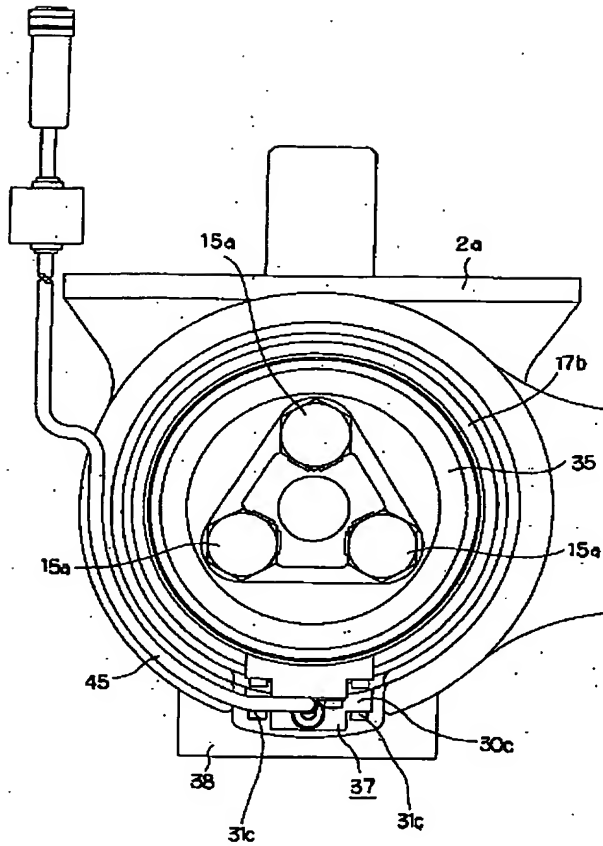
【図1】



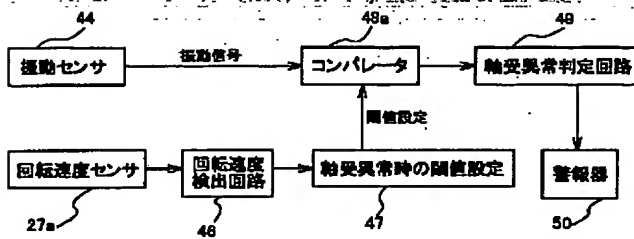
【図3】



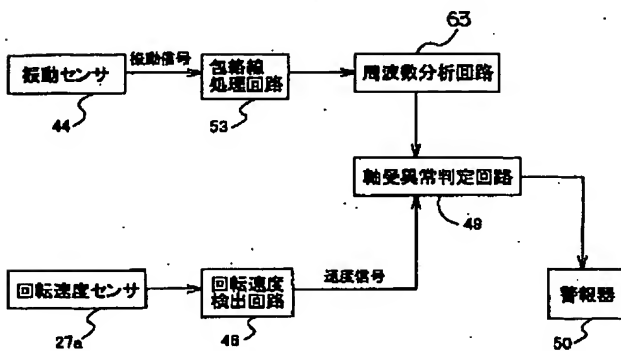
【図2】



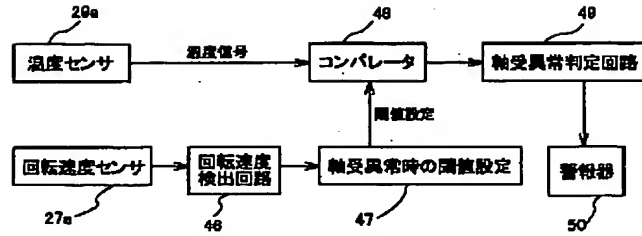
【図5】



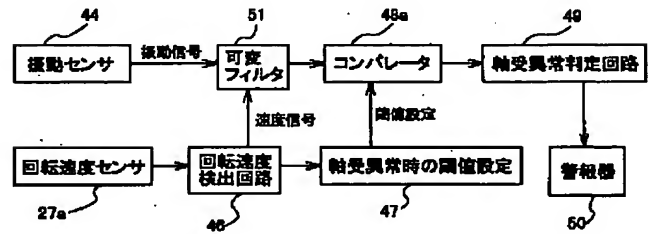
【図8】



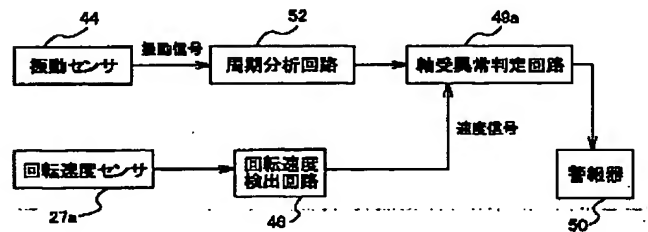
【図4】



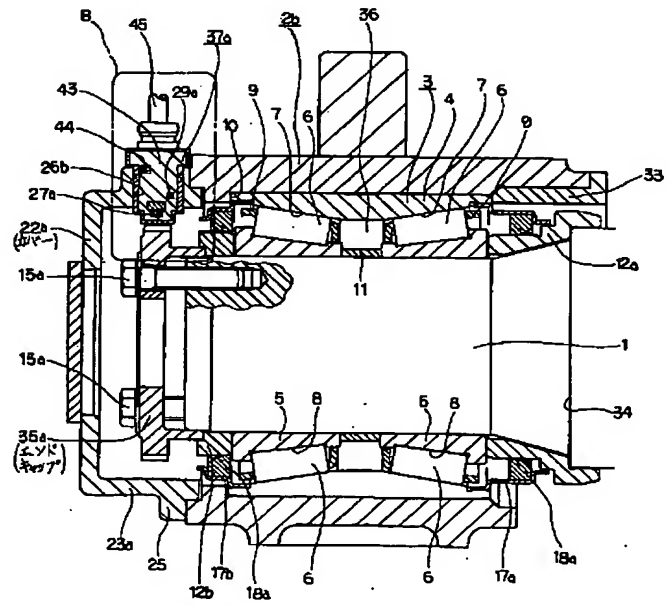
【図6】



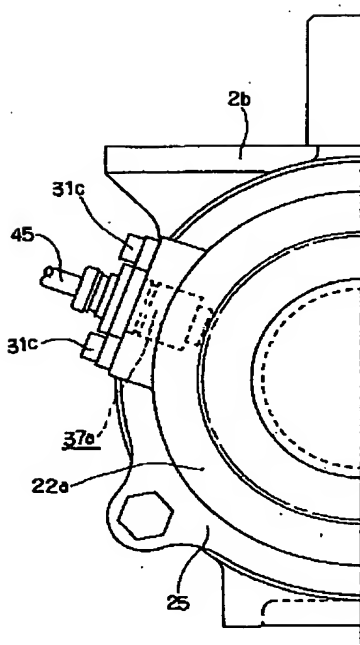
【図7】



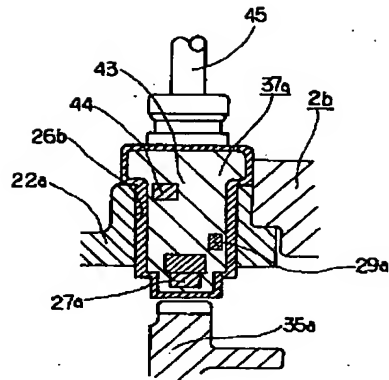
【図9】



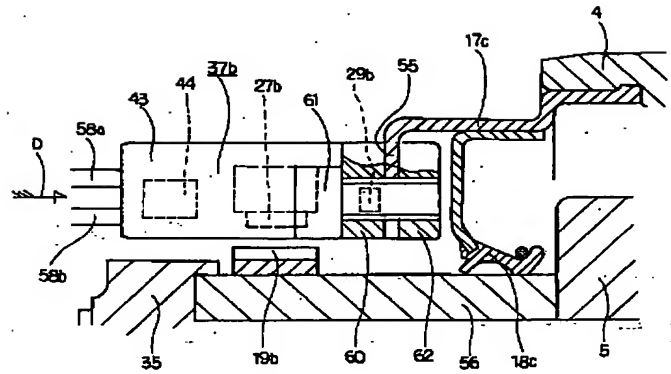
【図10】



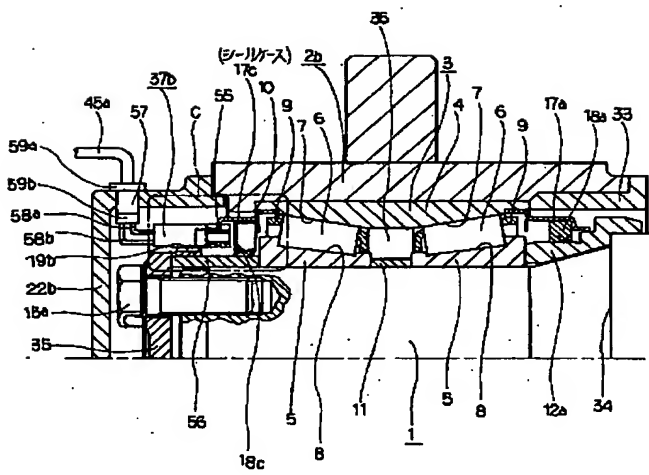
【図11】



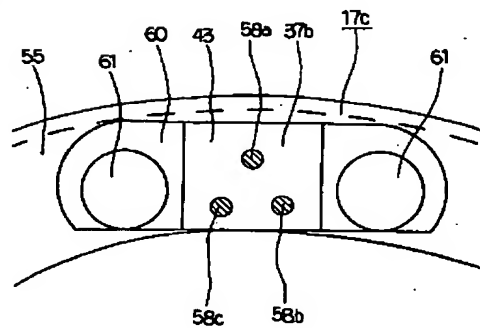
【図13】



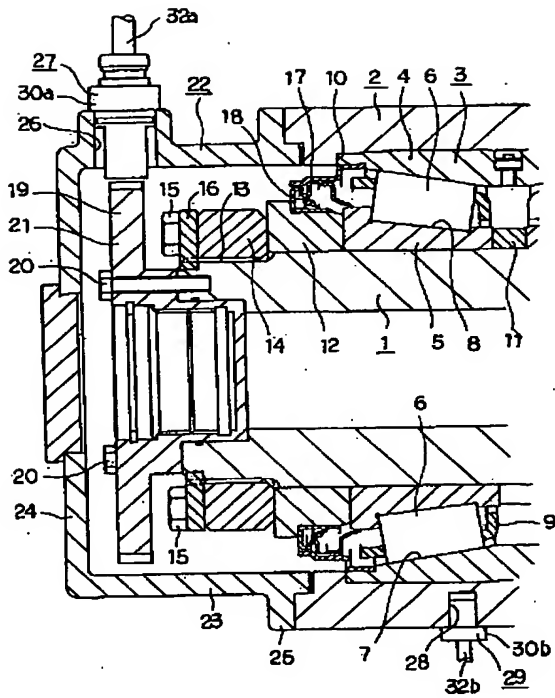
【図12】



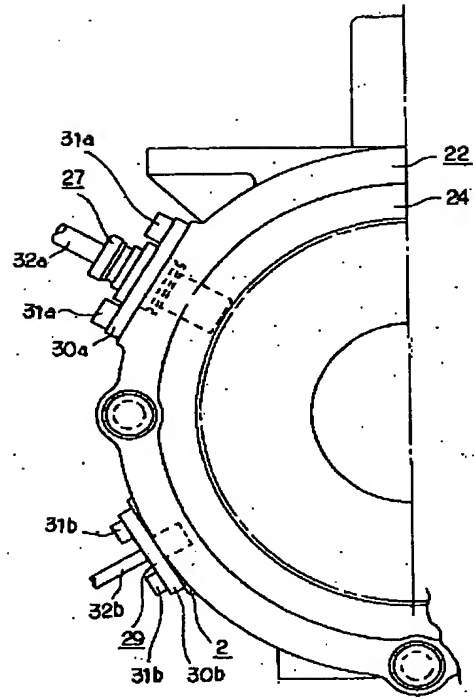
【図14】



【図15】



【図16】





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**